

Wpływ podstawowych cech demograficznych i antropometrycznych na parametry obwodowego i centralnego ciśnienia tętniczego

Influence of basic demographic and anthropometric characteristics on peripheral and central blood pressure parameters

Summary

Background Central blood pressure parameters and corresponding peripheral blood pressure parameters are not equal and their relationship changes with aging.

This explains why there is a gradual shift from diastolic blood pressure in young subjects to systolic blood pressure and then to pulse pressure in elderly, as strongest predictor of CHD risk.

Aim of this study was to observe how components of peripheral and central blood pressure depends on age, height, weight and body mass index (BMI).

Material and methods We examined 319 patients between 19–80 years of age who attended family medicine office. Peripheral blood pressure was taken with OMRON M6 and central blood pressure was determined noninvasively with SphygmoCor device.

Results Pulse pressure amplification (PPA) calculated as a ratio peripheral pulse pressure/central pulse pressure was 2.0 in young subjects to 1.09 in elderly. Differences in pulse pressure amplification between women and men are consequences of differences in height. There is no relation between PPA and BMI.

Conclusions Higher gradient of central to peripheral pulse pressure found in young subjects gradually decreases with aging. Therefore, brachial artery cuff measurements in the elderly more accurately reflect central systolic pressure and

central pulse pressure which stronger than corresponding peripheral blood pressure parameters correlate with cardiovascular events.

key words: blood pressure, pulse wave, pulse pressure amplification

Arterial Hypertension 2010, vol. 14, no 4, pages 253–260.

Wstęp

Pomiar ciśnienia tętniczego na ramieniu jest jednym z najczęściej powtarzanych elementów badania przedmiotowego. Na nim opiera się przy rozpoznaniu nadciśnienia tętniczego, przy ocenie skuteczności jego leczenia, jak również przy szacowaniu ryzyka sercowo-naczyniowego [1]. W większości badań oceniających znaczenie wielkości ciśnienia tętniczego odnoszono się do wartości obwodowego ciśnienia tętniczego mierzonego na tętnicy ramiennej. W mniejszej liczbie badań oceniano wpływ ciśnienia centralnego, czyli tego, które jest w aorcie. Wyniki takich badań jak *Strong Heart Study* lub REASON pokazały, że to wartości parametrów ciśnienia tętniczego centralnego w porównaniu z wartościami odpowiadających parametrów ciśnienia obwodowego silniej korelują z przerostem lewej komory, przerostem ścian tętnicy szyjnej i epizodami sercowo-naczyniowymi [2–4].

Obwodowe i centralne ciśnienie rozkurczowe mają u poszczególnych osób te same wartości, natomiast obwodowe i centralne ciśnienie skurczowe różnią się od siebie [5].

Adres do korespondencji: lek. Janusz Krzysztoń
Zakład Medycyny Rodzinnej
Katedra Chorób Wewnętrznych i Gerontologii CMUJ
ul. Bocheńska 4, 31–061 Kraków
tel.: (12) 430–55–93, faks: (12) 430–55–84
e-mail: nzozglr@neostrada.pl



Copyright © 2010 Via Medica, ISSN 1428–5851

W zdecydowanej większości badań wykazano, że centralne ciśnienie skurczowe jest niższe od obwodowego ciśnienia skurczowego. Istnieją jednak pojedyncze doniesienia pokazujące, że to centralne ciśnienie skurczowe jest wyższe niż obwodowe ciśnienie skurczowe [6]. Każdy z parametrów ciśnienia tętniczego obwodowego, ciśnienie skurczowe, ciśnienie rozkurczowe oraz ciśnienie tętna, był obiektem badań dotyczących ich wartości w ocenie ryzyka chorób układu krążenia. Znaczenie rokownicze tych parametrów zależy w dużej mierze od wieku badanej osoby lub populacji. Spośród wszystkich parametrów ciśnienia mierzonego na ramieniu, u osób poniżej 50. roku życia, ciśnienie rozkurczowe najlepiej koreluje z ryzykiem zachorowania na chorobę niedokrwienną serca [7–9]. W miarę postępu procesu starzenia, powyżej 50. roku życia wzrasta znaczenie prognostyczne obwodowego ciśnienia skurczowego [7–9]. Powyżej 59. roku życia w dalszym ciągu istotne znaczenie prognostyczne ma obwodowe ciśnienie skurczowe.

W tym okresie obniża się ciśnienie rozkurczowe a obwodowe ciśnienie tętna staje się najlepszym predyktorem ryzyka wystąpienia choroby niedokrwiennej mięśnia sercowego [7–9]. Według niektórych badaczy ta występująca w miarę procesu starzenia się populacji zmiana parametru ciśnienia tętniczego najlepiej korelującego z ryzykiem choroby niedokrwiennej serca wynika ze zmieniających się z wiekiem osoby relacji pomiędzy wartościami obwodowego ciśnienia tętniczego skurczowego i tętna a wartościami odpowiadających im parametrów ciśnienia centralnego [2, 10].

Celem pracy było zbadanie, w jaki sposób zmieniają się poszczególne parametry ciśnienia tętniczego obwodowego i centralnego w zależności od wieku, płci, wzrostu i wskaźnika masy ciała (BMI, *body mass index*) pacjentów oraz jaka jest wzajemna relacja parametrów ciśnienia obwodowego i centralnego.

Materiał i metody

Badaniu poddano 319 pacjentów z gabinetu lekarza rodzinnego w wieku 19–80 lat, którzy zgłaszali się na wizytę niezależnie od przyczyny. Z badania wykluczono pacjentów z zaburzeniami rytmu serca i osoby z rozpoznaną zastawkową wadą serca. Po wejściu do gabinetu lekarskiego u każdego z pacjentów wykonywano pomiar wzrostu i masy ciała. Osoby uczestniczące w badaniu pozostawały następnie w cichym, wydzielonym do tego celu pomieszczeniu przez około 10 minut. U pacjentów palących i pijących kawę zachowano co najmniej 30-minutowy odstęp od ekspozycji na te używki.

Pomiarów ciśnienia tętniczego dokonywano przy zastosowaniu aparatu OMRON M6, zgodnie z zasadami postępowania w nadciśnieniu tętniczym [11]. Wartości ciśnienia tętniczego w pomiarach tradycyjnych obliczano jako średnią z 3 pomiarów. Obwodowe ciśnienie tętna (PPP, *peripheral pulse pressure*) wyliczano jako różnicę ciśnienia skurczowego (PSBP, *peripheral systolic blood pressure*) i rozkurczowego (PDBP, *peripheral diastolic blood pressure*), natomiast średnie ciśnienie tętnicze (PMAP, *peripheral mean arterial pressure*) jako sumę PDBP i 1/3 PPP.

Pomiarów wartości poszczególnych parametrów ciśnienia centralnego oraz własności elastycznych ścian dużych naczyń tętniczych dokonywano nieinwazyjnie przy zastosowaniu modułu *Pulse Wave Analysis* (PWA) wchodzącego w skład aparatury SphygmoCor, wersja 6.31 (AtCor Medical Pty. Ltd., West Ryde, Nowa Południowa Walia, Australia). Zapisy kształtów fal tętna zostały przeprowadzone przy zastosowaniu techniki tonometrii aplanacyjnej. Pomiarów dokonywano na tętnicy promieniowej dominującej kończyny górnej przy użyciu jednoelementowego czujnika ciśnieniowego SPC-301 (Millar Instruments, Inc., Houston, Teksas, Stany Zjednoczone).

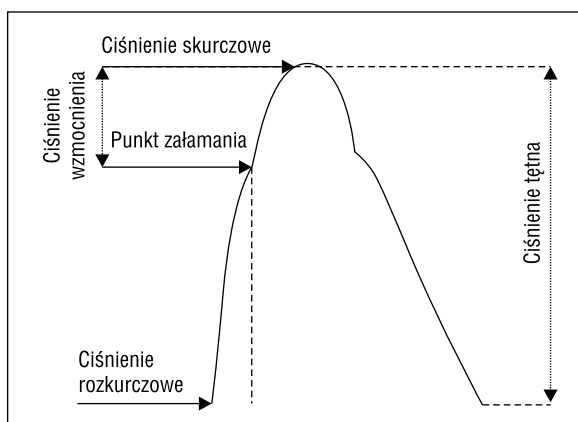
Przy zastosowaniu matematycznej funkcji przejścia, na podstawie kształtu fali tętna na tętnicy promieniowej wykalibrowanej do wartości ciśnienia na tętnicy ramieniowej, uzyskano kształt fali tętna oraz wartości ciśnień centralnych w aorcie. Funkcja przejścia była walidowana w badaniach u pacjentów zdrowych, chorych na nadciśnienie, przyjmujących leki aktywnie działające na układ krążenia, jak również podczas wysiłku fizycznego [12]. Urządzenie posiada integralny system kontroli jakości wykonania badania, który porównuje zapisane w pamięci komputera kształty fal tętna z ostatniego zapisu. Na podstawie wartości zmienności DBP, długości i wysokości fali tętna obliczony zostaje wskaźnik jakości badania. U każdego pacjenta wykonywano badanie maksymalnie trzykrotnie. Jeżeli w ciągu trzech prób zapisu nie uzyskano zadawalającego wskaźnika jakości, wówczas odstępowano od badania. Ostatecznie do dalszej analizy zakwalifikowano pacjentów ze wskaźnikiem jakości wykonania badania powyżej 80%. Spośród wskaźników otrzymanych podczas badania aparatem SphygmoCor, w analizach statystycznych uwzględniono wartości centralnych parametrów ciśnieniowych: ciśnienia skurczowego (CSBP, *central systolic blood pressure*), ciśnienia rozkurczowego (CDBP, *central diastolic blood pressure*), ciśnienia tętna (CPP, *central pulse pressure*) i ciśnienia wzmocnienia (CAP, *central augmentation pressure*) oraz odzwierciedlający stopień usztywnienia

tętnic wskaźnik aortalnego wzmocnienia fali (aAIx, *aortic augmentation index*). Ciśnienie wzmocnienia (mm Hg) wyliczono jako różnicę między późnym a wczesnym szczytem skurczowym na ramieniu wstępującym aortalnej fali tętna, natomiast aAIx (%) wyliczono według wzoru $CAP/PP \times 100\%$ (ryc. 1). Do oceny relacji parametrów ciśnienia obwodowego i centralnego użyto wskaźnika zwielokrotnienia ciśnienia tętna (PPA, *pulse pressure amplification*), który jest ilorazem obwodowego i centralnego ciśnienia tętna. Analizie poddano także zależność PPA od wieku, płci, wzrostu i BMI.

Analizę danych przeprowadzono za pomocą programu STATISTICA 7.0 [13]. Aby ocenić wpływ wieku pacjentów na parametry ciśnieniowe obwodowe i centralne, posługiwano się tak zwanym ogólnym modelem liniowym (GLM, *generalized linear model*). Wartości parametrów ciśnienia obwodowego i centralnego analizowano w trzech odrębnych modelach statystycznych jako zmienne pomiarów powtarzanych. Dzięki zastosowaniu takiej strategii modelowania oceniono, czy wiek pacjentów w równym stopniu wpływał na wartości ciśnień mierzonych obwodowo i centralnie. W ramach przeprowadzonej wstępnie analizy zauważono prawidłowość, że wiek wpływa na badane wielkości w sposób nieliniowy. Nieliniowość tę starano się uwzględnić w modelach, stosując kwadratowe funkcje wieku. Rozważane modele statystyczne uwzględniały też płeć, wzrost i masę ciała badanych osób.

Wyniki

Spośród 319 przebadanych pacjentów do analizy włączono wyniki 263 osób (82%), u których przeprowadzono badania zadawalającej jakości. Podstawowe informacje na temat danych demograficznych



Rycina 1. Kształt fali ciśnienia w aorcie. Parametry ciśnienia tętniczego

Figure 1. Schematic diagram of aortic pressure waveform. Blood pressure parameters

i antropometrycznych podano w tabeli I. Dane dotyczące obwodowych i centralnych parametrów ciśnieniowych oraz wskaźników usztywnienia ścian dużych tętnic dla obu płci zestawiono w tabeli II.

W przypadku wszystkich badanych osób wartości PSBP i PPP były wyższe w porównaniu z wartościami odpowiadających parametrów ciśnienia centralnego.

Analiza zależności ciśnienia tętniczego od wieku wykazała, że PSBP i CSBP rosną z wiekiem pacjentów w sposób ciągły. Tempo wzrostu CSBP jest większe niż tempo wzrostu PSBP (ryc. 2). Obwodowe ciśnienie rozkurczowe (PDP) i CDBP rosną w podobny sposób do około 40.–45. roku życia, a następnie maleją (ryc. 3) Obwodowe ciśnienie tętna (PPP) rośnie z wiekiem, podobnie jak CPP, z tym, że tempo wzrostu tego drugiego jest większe (ryc. 4).

Wartości PPA maleją wraz z wiekiem w zakresie 2,00–1,09, a współczynnik korelacji R Spearmana dla tych zależności wynosi 0,58 ($p = 0,00$) (ryc. 5). Zaobserwowano, że wartości wskaźnika PPA rosną wraz ze wzrostem badanych (R Spearmana 0,37; $p = 0,00$) (ryc. 6).

Efektom istotnej różnicy we wzroście między kobietami i mężczyznami jest wykazana różnica w wartościach wskaźnika PPA dla obu płci. W ramach wykonanej analizy wielozmiennowej wykazano, że cechą determinującą wyższe wartości wskaźnika PPA u mężczyzn jest wzrost ($p = 0,01$), a nie płeć badanych osób ($p = 0,11$). Masa ciała nie miała istotnego wpływu na wartość wskaźnika PPA.

Dyskusja

Analiza uzyskanych wyników pokazuje, że wartości CSBP i CPP oznaczone metodą tonometrii aplanacyjnej mają niższe wartości w porównaniu z odpowiadającymi parametrami obwodowymi. Wiel-

Tabela I. Podstawowe parametry demograficzne i antropometryczne badanej populacji

Table I. Demographic and anthropometric characteristics of the study population

	Wiek $\bar{x} \pm SD$ (min.–maks.)	Wzrost $\bar{x} \pm SD$ (min.–maks.)	Masa ciała $\bar{x} \pm SD$ (min.–maks.)	BMI $\bar{x} \pm SD$ (min.–maks.)
Mężczyźni	47,3 ± 16,6 19,2–76,4	176,8 ± 6,6 158,0–193,0	83,5 ± 12,6 56,0–122,0	26,7 ± 3,9 18,6–42,2
Kobiety	48,1 ± 15,7 20,3–80,0	162,4 ± 5,6 147,0–176,0	67,5 ± 12,5 42,0–120,0	25,6 ± 4,7 16,4–41,5
Ogółem	47,7 ± 16,1 19,2–80,0	168,6 ± 9,3 147,0–193,0	74,4 ± 14,8 42,0–122,0	26,1 ± 4,4 16,4–42,2

SD (standard deviation) — odchylenie standardowe; BMI (body mass index) — wskaźnik masy ciała

Tabela II. Podstawowe parametry obwodowego i centralnego ciśnienia tętniczego w badanej populacji**Table II.** Peripheral and central blood pressure parameters in the study population

	Ogółem n = 263 $\bar{x} \pm SD$ (min.–maks.)	Kobiety n = 149 $\bar{x} \pm SD$ (min.–maks.)	Mężczyźni n = 114 $\bar{x} \pm SD$ (min.–maks.)	Wartość p
CSBP	130 ± 20 (88–232)	128,5 ± 19,7 (89–196)	133 ± 20 (88–232)	0,08
CDBP	84 ± 11 (57–126)	82,2 ± 11,2 (62–126)	85,9 ± 11,4 (57–112)	0,00
CPP	47 ± 16 (15–129)	46,3 ± 15,3 (21–83)	47 ± 16,1 (15–129)	0,73
PSBP	145,8 ± 20 (100–242)	141,8 ± 20,3 (100–205)	151 ± 18,6 (103–242)	0,00
PDBP	82,3 ± 11 (56–126)	80,7 ± 11,2 (62–126)	84,4 ± 11,4 (56–110)	0,00
PPP	63,4 ± 16 (26–140)	61,1 ± 16,2 (30–106)	66,6 ± 15,8 (26–140)	0,00
PMAP	104,4 ± 13 (71–155)	102,6 ± 13,4 (74–155)	106,6 ± 13 (71–149)	0,00
HR	77 ± 13 (47–124)	78,5 ± 12,7 (47–118)	75,2 ± 13,2 (51–124)	0,02
CAP	10,8 ± 10 (od –10 do 57)	12,1 ± 8,9 (od –10 do 45)	9,2 ± 10,2 (od –7 do 57)	0,00
AAIx	20,5 ± 15 (od –20 do 55)	23,7 ± 14,1 (od –24 do 55)	16,3 ± 15,3 (od –20 do 47)	0,00
PPA	1,4 ± 0,2 1,08–2,0	1,36 ± 2 (1,09–2,0)	1,46 ± 2,2 (1,08–1,97)	0,00

CSBP — centralne ciśnienie skurczowe, CDBP — centralne ciśnienie rozkurczowe, CPP — centralne ciśnienie tętna, PSBP — obwodowe ciśnienie skurczowe, PDBP — obwodowe ciśnienie rozkurczowe, PPP — obwodowe ciśnienie tętna, PMAP — obwodowe średnie ciśnienie, HR — częstość akcji serca, CAP — centralne ciśnienie wzmocnienia, aAIX — aortalny wskaźnik wzmocnienia, PPA — wskaźnik zwielokrotnienia ciśnienia tętna

kość CPP jest u osób młodych nawet dwukrotnie mniejsza niż wielkość PPP. Centralne ciśnienie rozkurczowe ma zbliżone wartości do PDBP i obydwa te parametry zmieniają się z wiekiem w podobny sposób.

Postępujący z wiekiem wzrost CSBP jest większy w porównaniu ze wzrostem PSBP, jak również wzrost CPP jest większy w porównaniu ze wzrostem PPP. W następstwie tego w starszym wieku wartości CSBP i CPP zrównują się z odpowiadającymi wartościami ciśnień na obwodzie.

Za wzrost SBP odpowiada w pierwszej połowie życia wzrost oporu obwodowego, natomiast później związany z procesem starzenia się spadek podatności dużych naczyń. Wzrost DBP w pierwszej połowie życia jest konsekwencją wzrostu oporu obwodowego, następujący później jego spadek wynika ze zjawiska spadku podatności dużych naczyń [7].

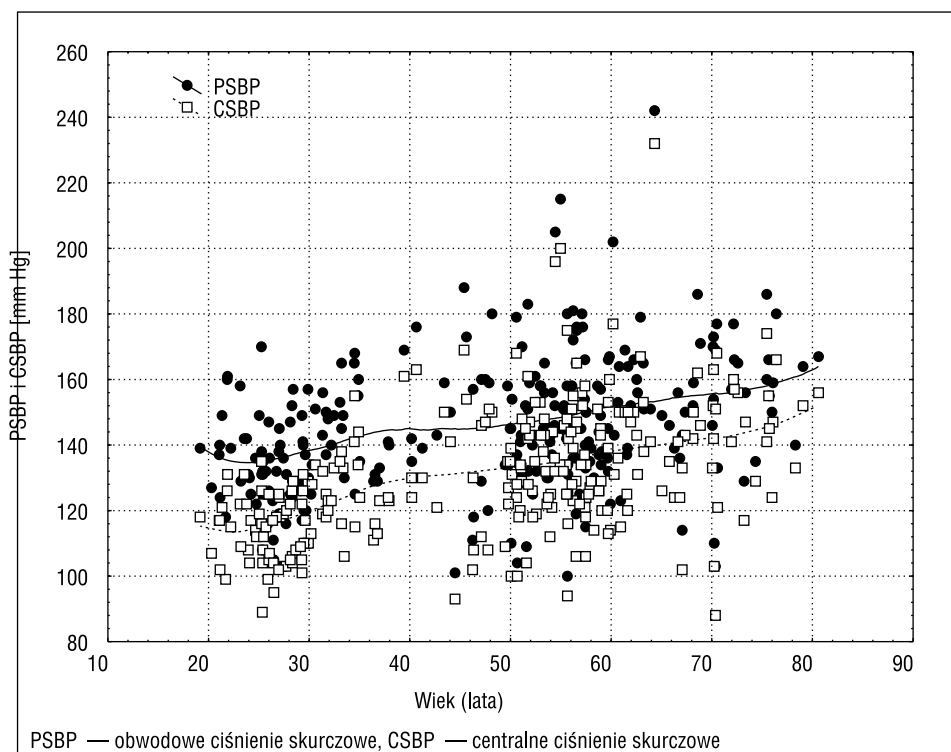
Obecność wzrostu SBP i PP na obwód tłumaczone jest zjawiskiem występowania fali ciśnieniowej, która przemieszcza się wzdłuż drzewa tętniczego [2, 14]. Lewa komora serca, kurcząc się, pompuje krew

do aorty i dalej na obwód, co tworzy nie tylko falę przepływu krwi, ale również falę ciśnieniową przemieszczającą się wzdłuż układu tętniczego. Fala ciśnieniowa odbija się od miejsc rozgałęzień drzewa tętniczego — gdzie łączą się tętnice elastyczne i mięśniowe, oraz od tętniczek oporowych i przemieszcza się z powrotem w kierunku serca [2, 14].

Sposób, w jaki zmienia się ciśnienie w każdym odcinku układu tętniczego w trakcie skurczu i rozkurczu serca, jest konsekwencją nakładania się fali ciśnieniowej odbitej na falę ciśnieniową biegnącą na obwód, której jest pochodną [15, 16]. Na ten proces nakładania się fal mają wpływ: szybkość przemieszczania się fali oraz dystans tam i z powrotem, jaki fala ma do pokonania, czyli długość drzewa tętniczego.

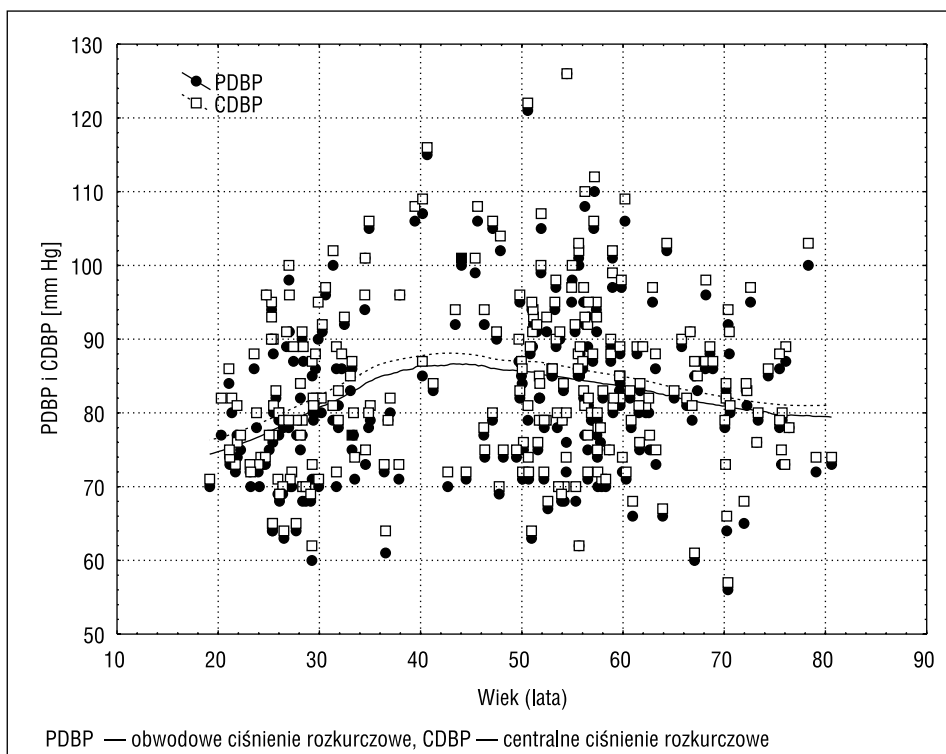
U młodych osób z elastyczną aortą fala odbita powraca w okolice serca w okresie rozkurczu mięśnia sercowego, wzmacniając przepływ wieńcowy, jest więc zjawiskiem korzystnym [17].

W miarę procesu starzenia dochodzi do zwiększenia się sztywności aorty, a co za tym idzie, szybkości przemieszczania się fali ciśnieniowej. Fala od-



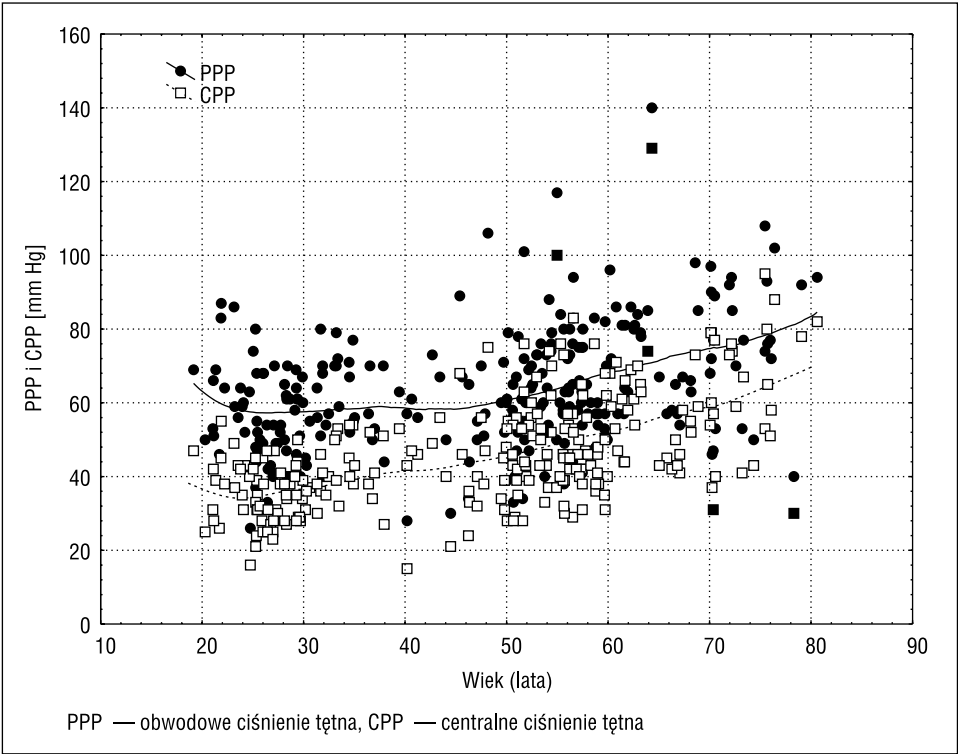
Rycina 2. Wpływ wieku na wartości obwodowego i centralnego ciśnienia skurczowego

Figure 2. Influence of age on peripheral and central systolic pressure

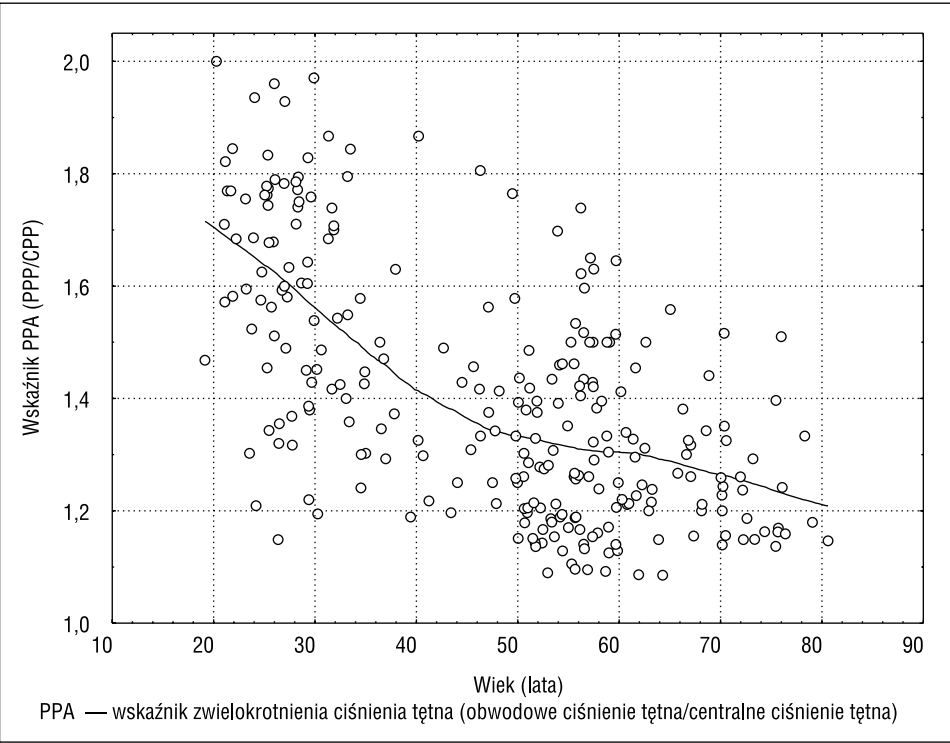


Rycina 3. Wpływ wieku na wartości obwodowego i centralnego ciśnienia rozkurczowego

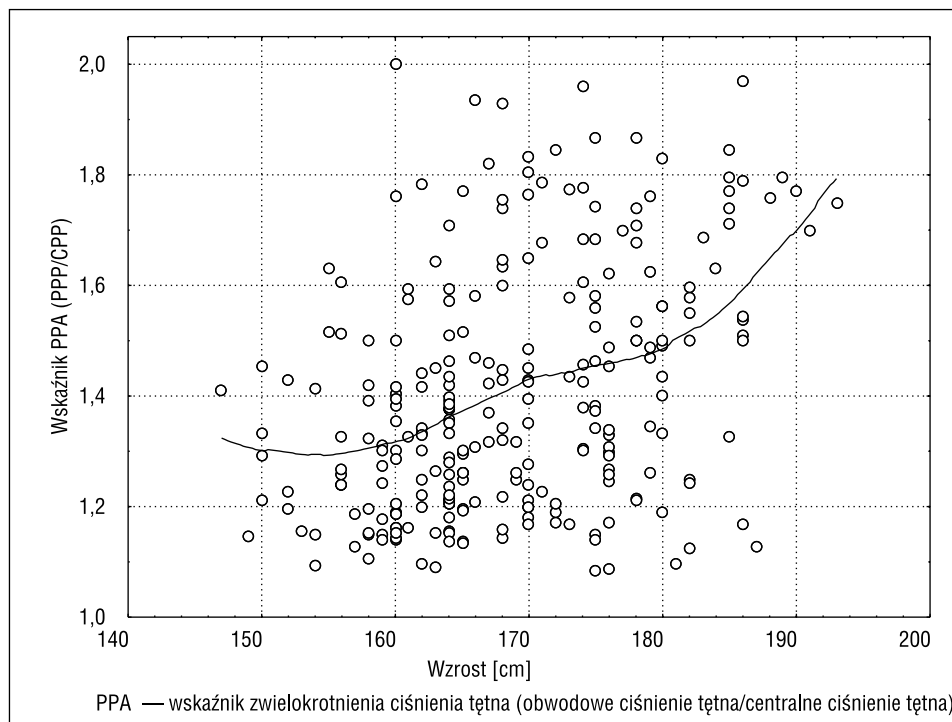
Figure 3. Influence of age on peripheral and central diastolic pressure



Rycina 4. Wpływ wieku na wartości obwodowego i centralnego ciśnienia tętna
Figure 4. Influence of age on peripheral and central pulse pressure



Rycina 5. Wpływ wieku na wartości wskaźnika zwielokrotnienia ciśnienia tętna
Figure 5. Influence of age on pulse pressure amplification



Rycina 6. Wpływ wzrostu na wartości wskaźnika zwielokrotnienia

Figure 6. Influence of height on pulse pressure amplification

bita powraca w okolice serca wcześniej, nie w rozkurczu, ale jeszcze w okresie skurczu mięśnia sercowego, zwiększając CSBP, a tym samym obciążenie dla lewej komory [17].

Warto wspomnieć o występującym wśród młodych osób zjawisku nadciśnienia rzekomego, czyli sytuacji, kiedy na podstawie pomiarów ciśnienia na ramieniu rozpoznaje się izolowane nadciśnienie skurczowe, natomiast nieinwazyjny pomiar ciśnienia centralnego pokazuje wartości uważane za prawidłowe [18–20]. Nie ma przyjętej jednej wartości CSBP określonej jako górna granica normy. W niektórych badaniach przyjęto, że CSBP powinno wynosić poniżej 120 mm Hg u mężczyzn i 124 mm Hg u kobiet [19]. W innych pracach na podstawie badania *The Conduit Artery Functional Endpoint — sub-study Anglo Scandinavian Cardiac Outcomes Trial (CAFE ASCOT)* przyjęto dla obu płci wartość CSBP 125 mm Hg [21]. Fakt podwyższonego PSBP przy prawidłowym CSBP tłumaczy się między innymi przez obecność opisanego powyżej zjawiska zwielokrotnienia PP [19].

Jak wykazano w opisywanym badaniu, różnica we wskaźniku zwielokrotnienia w zależności od płci zależy w dużym stopniu od różnicy w wysokości ciała między kobietami i mężczyznami, a więc od długości ich układu tętniczego. Wraz ze zwiększeniem długości układu tętniczego rośnie czas, który potrzebuje fala tętna na przebycie drogi do miejsc odbicia

na obwodzie i z powrotem do serca. Tym tłumaczy się wyższe wartości wskaźnika zwielokrotnienia oraz częstsze występowanie nadciśnienia rzekomego u mężczyzn [19].

Jak wykazały wyniki przeprowadzonego badania wartości SBP i PP uzyskane w trakcie pomiaru na ramieniu lepiej korelują z wartościami CSBP i CPP u starszych osób w porównaniu z młodszymi. To tłumaczy fakt, że wartość rokownicza PSBP oraz PPP jest największa u osób w podeszłym wieku.

Streszczenie

Wstęp Wartości parametrów ciśnienia centralnego i odpowiadających im parametrów ciśnienia obwodowego nie są sobie równe, a ich wzajemne relacje zmieniają się wraz z procesem starzenia. Tym tłumaczy się fakt, że siła wpływu poszczególnych parametrów ciśnienia tętniczego na ryzyko choroby niedokrwiennej serca zmienia się w zależności od wieku osoby, od największego wpływu ciśnienia rozkurczowego w młodym wieku, przez ciśnienie skurczowe w wieku średnim i ciśnienie tętna w starości.

Celem pracy było zbadanie, w jaki sposób parametry ciśnienia tętniczego centralnego i obwodowego zależą od wieku, płci, wzrostu i wskaźnika masy ciała (BMI).

Materiał i metody Zbadano 319 osób w wieku 19–80 lat, które zgłaszały się na wizytę do lekarza rodzinnego z jakiegokolwiek przyczyny. U pacjentów dokonano pomiarów ciśnienia tętniczego na ramieniu przy użyciu ciśnieniomierza OMRON M6 oraz nieinwazyjnie oceniano centralne ciśnienie tętnicze za pomocą urządzenia SphygmoCor.

Wyniki: Wskaźnik zwielokrotnienia ciśnienia tętna (PPA) liczony jako iloraz obwodowego ciśnienia tętna i centralnego ciśnienia tętna maleje z wiekiem, od wartości 2,00 w młodości do 1,09 w wieku podeszłym. Różnice zależne od płci wynikają z różnicy wzrostu między kobietami i mężczyznami. Nie stwierdzono zależności między PPA i BMI.

Wnioski: Większy gradient centralnego do obwodowego ciśnienia tętna, który występuje u młodych osób stopniowo zmniejsza się w miarę starzenia się. Dlatego też ciśnienie mierzone na ramieniu u osób w starszym wieku precyzyjniej odzwierciedla centralne ciśnienie skurczowe i centralne ciśnienie tętna, które to — w porównaniu z odpowiadającymi parametrami ciśnienia tętniczego obwodowego — silniej korelują z powikłaniami sercowo-naczyniowymi.

słowa kluczowe: ciśnienie tętnicze, fala tętna, amplifikacja ciśnienia tętna

Nadciśnienie Tętnicze 2010, tom 14, nr 4, strony 253–260.

Piśmiennictwo

1. 2007 ESH-ESC Practice Guidelines for the Management of Arterial Hypertension: ESH-ESC Task Force on the Management of Arterial Hypertension. *J. Hypertens.* 2007; 25: 1751–1762.
2. Roman M.J., Devereux R.B. Central pressure more strongly relates to vascular disease and outcome than does brachial pressure. The Strong Heart Study. *Hypertension* 2007; 50: 197–203.
3. Laurent S., Cockcroft J., Van Bortel L. i wsp. on behalf of the European Network for Non-invasive Investigation of Large Arteries. Expert consensus document on arterial stiffness: methodological issues and clinical application. *Eur. Heart J.* 2006; 27 (21): 2588–2605.
4. Hirata K., O'Rourke M. Pulse wave analysis an pulse wave velocity — a review of blood pressure interpretation 100 Years after Korotkov. *Circulation* 2006; 70: 1231–1239.
5. Wilmer N.W. Clinical measurement of arterial stiffness obtained from noninvasive pressure waveforms. *Am. J. Hypertens.* 2005; 18; 3–10.
6. Cloud G.C., Rajkumar C. Estimation of central aortic pressure by SphygmCor requires intra-arterial peripheral pressure. *Clin. Sci.* 2003; 105: 219–225.
7. Stanley F.S., Khan S.A. Is puls pressure useful in predicting risk for coronary heart disease? The Framingham Heart Study. *Circulation* 1999; 100; 354–360.
8. Stanley F.S., Larson M.N., Khan S.A. Does the relation of blood pressure to coronary heart disease risk change with aging? The Framingham Heart Study. *Circulation* 2001; 103: 1245–1249.
9. O'Rourke M. From theory into practice: arterial haemodynamics in clinical hypertension. *J. Hypertens.* 2002; 20: 1901–1915.
10. de Luca N., Asmar R.G. Selective reduction of cardiac mass and central blood pressure on low-dose combination perindopril/indapamide in hypertensive subject. *J. Hypertens.* 2004; 22: 1623–1630.
11. Zasady postępowania w nadciśnieniu tętniczym — 2008 rok. Wytyczne Polskiego Towarzystwa Nadciśnienia Tętniczego oraz Kolegium Lekarzy Rodzinnych w Polsce. *Nadciśnienie Tętnicze* 2008; 12: C1–C30.
12. O'Rourke M., Pauca A. Pulse wave analysis. *Br. J. Clin. Pharmacol.* 2001; 51: 507–522.
13. Litterll R.C., Milliken G.A., Stroup W.W., Wolfinger R.D., Schabenberger O. SAS® for mixed models. Wyd. II. Cary, NC, USA: SAS Institute Inc. 2006.
14. Wojciechowska W., Grodzicki T., Cwynar M., Gąsowski J. References values in white Europeans for the arterial pulse wave recorded by means of SphygmoCor Device. *Hypertension Res.* 2006; 29: 475–483.
15. O'Rourke M., Staessen J., Vlachopoulos Ch. Clinical applications of arterial stiffness; definitions and references value. *Am. J. Hypertens.* 2002; 15: 426–444.
16. Dart A., Kingwell B. Pulse pressure — a review of mechanism and clinical relevance. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2001; 37: 975–984.
17. Izzo J., Shykoff B. Arterial stiffness: clinical relevance, measurement and treatment. *Rev. Cardiovasc. Med.* 2001; 2: 29–40.
18. O'Rourke M., Adji A. Basis for use of central blood pressure measurement in office clinical practice. *J. Am. Soc. Hypertens.* 2008; 2: 28–38.
19. Hulsen H., Nijdam M., Bos W. Spurious systolic hypertension in young adults; prevalence of high brachial systolic blood pressure and low central pressure and its determinants. *J. Hypertens.* 2006; 24: 1027–1032.
20. Mahmud A., Feely J. Spurious systolic hypertension of youth: fit young men with elastic arteries. *Am. J. Hypertens.* 2003; 16: 229–232.
21. McEniery C., Yasmin, Wallace S. i wsp. Increased stroke volume and aortic stiffness contribute to isolated systolic hypertension in young adults. *Hypertension* 2005; 46: 221–226.